Développement de connaissances pour la conception d'une plateforme d'analyse des éco-usages

Discipline : Génie Mécanique / Eco-conception
Ecole Doctorale « Sciences de l'Ingénieur » 287
Université d'inscription : Université du Sud Toulon Var (USTV)
Unité de recherche : Laboratoire Génie Industriel, Equipe EPOCC, Ecole Centrale Paris
Laboratoire d'accueil : LISMMA / EOP

Directeur de thèse : Dominique MILLET

Résumé

Dans un contexte où les économies d'énergies sont un enjeu de plus en plus concret pour tout un chacun, le travail de recherche proposé ici vise à définir et analyser les comportements d'utilisateurs d'appareils du quotidien afin de les prendre en compte dès la conception des produits. L'idée d'une plateforme d'analyse des eco-usages a émergé de ces problématiques.

La thèse est motivée notamment par le constat que la majorité des personnes ne font pas de lien clair entre leurs activités du quotidien et les impacts environnementaux qui en découlent. L'information des personnes est donc une première étape mais qui n'est pas toujours suffisante. Plusieurs méthodes d'incitation comme l'eco-feedback ou le goal-setting ont donc été développées dans le but d'influer sur les comportements des usagers. Ces méthodes se traduisent physiquement par la conception d'interfaces homme-machine eco-incitatives.

Le sujet de thèse proposé ici s'articule autour de quatre points. Premièrement la nécessité de caractériser le comportement réel des usagers qui constituera une référence pour l'étude. Dans un second temps, il faut comprendre la hiérarchisation des problèmes environnementaux perçus par ces mêmes usagers afin d'ensuite qualifier leur consentement à agir pour l'environnement. Enfin on peut espérer grâce aux données recueillies simuler et évaluer les comportements futurs en fonction des méthodes d'éco-apprentissage mises en œuvre.

Pour atteindre ces objectifs, le travail doit tout d'abord s'appuyer sur un état de l'art bibliographique des domaines concernés ; ici, il s'agit notamment des champs de la psychologie de l'utilisation, de l'eco-feedback et des interfaces homme-machine. Cette première étape doit constituer un socle solide pour l'élaboration du protocole expérimental associé à la plateforme d'analyse des éco-usages qui accueillera diverses expériences.

1. Contexte et problématique

Le siècle passé a imprimé dans les modes de vie et dans les habitudes des habitants des pays développés une culture de consommation insouciante. Les biens de consommation courants sont devenus de plus en plus accessibles et de plus en plus indispensables, parfois moins pour le service qu'ils apportent que pour la satisfaction de les posséder. La disponibilité de l'énergie dans nos foyers a de plus autorisé et incité à la fabrication et à l'utilisation d'appareils énergivores sans préoccupations quant aux conséquences d'une consommation énergétique non maîtrisée. Aujourd'hui, les mentalités évoluent lentement suite aux prises de conscience concernant les impacts environnementaux, sociaux et économiques de notre société de consommation. Cependant, beaucoup de travail reste à faire alors que les avertissements et menaces nous incitant à redoubler d'efforts en ce sens se font de plus en plus nombreux et pressants. Premier levier de changement pour les industriels, les augmentations des prix des matières premières et de l'énergie dues à la raréfaction des ressources naturelles incluant les combustibles fossiles qui incitent à une sobriété des

processus. Cela passe par différentes améliorations et innovations tout au long des étapes de la vie du produit : réduction des quantités de matières nécessaires, amélioration des rendements et de l'efficacité énergétique des *process*, penser la maintenance et la fin de vie dès la conception en élaborant des produits recyclables, réutilisables ou re-manufacturables. Il faut noter que toutes ses améliorations, bien que souvent majoritairement motivées par une meilleure rentabilité à court ou moyen terme, sont autant de points positifs pour la protection de l'environnement, notamment en tendant vers un usage raisonné des ressources naturelles et de l'énergie et en favorisant une économie plus cyclique. En ce qui concerne les particuliers, même si l'aspect financier peut être très présent (réduction des factures d'eau et d'électricité par exemple), force est de constater une progression des valeurs du développement durable au sein de nos sociétés. D'importantes campagnes de communication sont entreprises afin d'informer les usagers sur les conséquences de leurs actes quotidiens et de les faire réagir. Ceux-ci sont donc de plus en plus aptes à arbitrer leurs choix de consommateurs en prenant en compte efficacement les données environnementales, sociales et économiques à leur disposition. Plusieurs dispositifs ont été mis en œuvre ou sont à l'étude pour les y aider ; on peut citer l'affichage environnemental sur les produits électroménagers qui sont notés de A+++ à D, l'affichage carbone qui indique l'impact du produit en matière d'émissions de dioxyde de carbone et différents labels qui valorisent certaines qualités des produits.

Nombre de chercheurs et d'entreprises travaillent à la réduction des impacts sur l'ensemble du cycle de vie de produits et services variés. Malgré cela, il reste difficile d'annoncer avec certitude quels seront les impacts de la phase d'utilisation d'un produit étant donné que ceux-ci dépendent directement de la manière dont l'usager va s'en servir. Un lave-linge économe en eau et en énergie est plus respectueux à l'utilisation qu'un appareil classique mais ses avantages s'annulent rapidement si l'utilisateur le fait tourner tous les jours à moitié plein. La solution est donc de concevoir des produits respectueux de l'environnement qui incitent l'usager à une utilisation réfléchie et éco-efficace. Grâce aux connaissances acquises en matière de psychologie du comportement, d'interactions homme-machine et de conception durable, nous avons en mains les différentes clés nécessaires pour développer et promouvoir de tels produits. Le travail de recherche qui fait l'objet de ce dossier propose d'étudier la mise en place d'une plateforme expérimentale où pourront être étudiés ces différents aspects en vue d'élaborer les dispositifs expérimentaux qui permettraient de fournir des informations pertinentes aux industriels concernés.

1.1. Perception de l'utilisation et de ses impacts

La première question à se poser ici est : « comment les usagers utilisent-ils leurs produits ? » et, si l'on considère qu'une fois le fonctionnement de l'appareil maîtrisé, la façon de l'utiliser reste invariable (Pierce, 2008), la question se traduit en « comment les usagers apprennent-ils à se servir de leurs produits ? ». De nos jours, avec l'habitude de manipuler fréquemment des appareils électriques et électroniques variés et d'en changer régulièrement, l'obligation de s'adapter à l'utilisation de nouveaux matériels est devenue fréquente. Il n'est donc pas rare, lors de la réception d'un nouveau téléphone mobile par exemple, de s'aventurer au hasard dans les menus pour découvrir instinctivement les différentes fonctionnalités. Le mode d'emploi est souvent laissé de côté « au cas où » et parfois vite perdu et oublié. Or, comment savoir si dans ce cas l'usager va instinctivement s'orienter vers un usage éco-efficient de l'appareil ? Cela va dépendre de l'usager lui-même : de son implication écologique et de son niveau de compréhension du fonctionnement de l'appareil et de ses répercussions en matière d'énergie, de déchets, de pollution, etc.

Dans le cas d'un appareil nouvellement acquis, on peut postuler que l'usager va être attentif au fonctionnement du produit, aux indications qui lui sont retournées par l'intermédiaire de sons, de voyants, d'écrans, etc. Il prend le temps de réfléchir aux manipulations qu'il exécute et vérifie leur pertinence selon si l'appareil adopte le fonctionnement souhaité. Cette pertinence peut être liée à de nombreux critères : efficacité de la tâche, rapidité, économies d'énergie, économie de matière entrante ou sortante, etc. C'est dans cette phase que l'utilisateur apprend à connaitre le produit et mémorise des automatismes pour actionner les fonctionnalités souhaitées.

Pierce (2008) constate après entretiens avec un panel de quinze participants que la majorité des actions du quotidien sont régies par des habitudes et sont l'objet d'actes inconscients là où une démarche d'éco-

utilisation nécessiterait un processus dynamique et réfléchi. De plus, la plupart des utilisateurs semblent ignorer l'existence des modes de fonctionnement économiques (désignés par *éco* dans la suite du texte) offerts par de nombreux appareils. Ils se contentent, par facilité, d'utiliser le ou les programmes/fonctions par défaut et, si le résultat obtenu s'avère satisfaisant, n'en dérogent plus. Ainsi émerge l'idée que les interfaces homme-machine doivent être les plus simples possibles afin de pouvoir choisir rapidement le mode de fonctionnement souhaité tout en orientant le choix vers les modes de fonctionnement les plus éco-responsables afin d'influencer les pratiques et les automatismes des usagers. L'une des conclusions de l'étude, validée par certains sujets du panel, est que si les produits étaient conçus dans l'optique d'une utilisation économe et responsable, (avec par exemple un lavage à froid par défaut sur les lave-linge, ou dans une moindre mesure une interface incitant à choisir ce type de lavage) le nombre d'usagers utilisant les appareils de la sorte augmenterait considérablement.

1.2. Quelles stratégies pour influencer les comportements ?

Question qui revêt une importance majeure : « quelles sont les différentes origines des comportements des utilisateurs de produits ? ». Car c'est en s'intéressant à comment ils s'imposent aux usagers que nous serons par la suite en mesure de favoriser l'apparition de ces comportements en fonction de l'utilisateur, de la situation et du produit concerné. Une même personne n'aura par exemple pas le même comportement à la machine à café de son bureau entourée de ses collègues que seule chez elle face à sa machine à expresso. C'est aspect psychologique de l'éco-comportement regroupe deux catégories de modèles de comportements : les modèles de choix rationnels qui s'appuient sur l'estimation des bénéfices et coûts (en matière d'argent, d'environnement, de confort, de réputation, etc.) d'un certain choix et les *norm-activation models* qui s'appuient sur la prise en compte des aspects social et moral et font passer l'intérêt de la communauté avant l'intérêt personnel (Froehlich, 2010).

Depuis plusieurs décennies les psychologues étudient les différents moyens d'influencer le comportement humain. Les savoirs accumulés grâce à eux nous sont d'une grande utilité pour déterminer de quelle manière les interfaces devront communiquer pour faire passer les messages de manière efficace. Froehlich (2010) retient cinq méthodes permettant d'influencer les comportements des utilisateurs de produits et services variés : l'*information* qui consiste à fournir, à l'inverse du *feedback*, des messages préventifs censés orienter les comportements des utilisateurs vers une solution optimale, le *goal setting,* le *commitment* (engagement), la *comparaison,* les *incitations et récompenses.*

D'une manière générale, Chetty (2008) a montré, en réalisant une étude sur plusieurs foyers, que bien que les usagers soient enclins au changement, que cela soit dans leurs habitudes de vie ou dans la façon d'utiliser les appareils du quotidien, ils manquent souvent d'information pour mettre en place des projets pertinents. Les utilisateurs pointent notamment le manque de lisibilité des indicateurs scientifiques comme les kilowatts heure ou les mètres cube d'eau qu'ils ont du mal à assimiler et en demandent de nouveaux plus facilement compréhensibles qui leurs permettraient de gérer leurs consommations en temps réel. Cette gestion en temps réel devrait selon eux, dans l'idéal, permettre de connaitre les coûts de leurs consommations en fonction de l'heure de la journée et d'inciter à l'utilisation d'appareils énergivores au cours des périodes de faible consommation régionale. L'enjeu est donc le développement d'indicateurs adaptés aux usagers, fournissant l'ensemble des données qu'ils veulent et qui les aident à optimiser leurs consommations.

1.3. Conception de produits

On trouve dans la littérature de nombreux papiers concernant les méthodes destinées aux concepteurs qui cherchent à influencer le comportement des utilisateurs pour l'orienter vers une plus grande éco-efficience. Wever (2008) définit, en plus de l'*eco-feedback* abordé dans la partie précédente, les deux principes d'incitation suivants.

Scripting : le produit est conçu pour inciter à une utilisation *eco-friendly*. Pierce(2010) définit le *scripting* comme un manuel d'utilisation implicite communiqué à l'utilisateur par des incitations provenant du produit.

Forced functionality : deux cas possibles. Soit le produit s'adapte automatiquement à l'utilisation qui en est faite pour élaborer des incitations à l'utiliser de manière responsable, soit cela concerne des obstacles importants mis en place au niveau de la conception afin d'imposer une certaine utilisation à l'usager.

En aval de ces méthodes que l'on peut qualifier de « *soft* » se trouve la conception physique, « hard », de l'interface. Une piste concerne les interfaces évolutives, *upgradables*, qui pourraient s'adapter aux évolutions techniques et scientifiques réalisées au cours du temps. L'évolutivité des interfaces, outre le fait qu'elle permette une adaptation aux progrès technologiques, permettrait également de s'adapter aux changements des pratiques de l'usager dans le cadre d'une stratégie d'apprentissage prévue dès la conception.

2. Sujet de thèse

L'objectif global du projet est d'élaborer les méthodologies permettant de qualifier et comprendre le comportement des utilisateurs face à différents produits. Ces méthodologies s'articulent autour de quatre axes décrivant le processus d'analyse et d'évaluation des éco-usages illustré par la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-contre. Ces recherches doivent notamment servir à donner les clés pour le développement d'une plateforme d'analyse des éco-usages permettant de vérifier expérimentalement les méthodologies établies au cours des travaux.

2.1. Caractériser le comportement réel

Le premier but du travail de recherche est d'observer et de qualifier le comportement d'usagers vis-à-vis d'appareils du quotidien (électroménager, informatique, audiovisuel, etc.) pour établir différents modèles comportementaux qui serviront de référence dans la suite de l'étude. Il conviendra de déterminer sur quels facteurs s'appuie quel comportement, notamment en prenant en compte les aspects, financier, confort, économies d'énergie, production de déchet, pollution, etc.
Si nous parvenons à connaitre l'ensemble des pratiques qu'un utilisateur peut faire d'un appareil spécifique ainsi que les raisons qui motivent ces pratiques, il sera alors bien plus facile de créer une interface qui s'adapte à son usage, qu'il soit réfléchi ou automatique, et qui lui permette de visualiser clairement les résultats qu'il attend.

2.2. Comprendre la hiérarchisation des enjeux environnementaux perçus

Alors qu'une prise de conscience globale de l'impact négatif de nos actions quotidiennes sur l'environnement est en train de se produire, il est légitime de s'interroger sur le degré de compréhension qu'ont les utilisateurs des liens entre leurs actes et les externalités environnementales qui en résultent. Que les usagers comprennent-ils de la notion de « comportement éco-citoyen » ? Font-ils le lien avec leurs actions du quotidien : trier les déchets, laver la vaisselle, laver le linge, faire du café, chauffer la maison ? Pour toutes ces questions il faut recueillir les réponses des usagers, bonnes ou mauvaises et en tirer des conclusions utiles pour la conception de produits innovants.

2.3. Comprendre le consentement à agir

Ce que chaque utilisateur est prêt à faire pour adopter un comportement plus éco-responsable définit son consentement à agir. Celui-ci va donc dépendre de la capacité de l'utilisateur à changer ses habitudes et à faire des concessions. Le consentement à agir est une notion difficilement mesurable ; il dépend avant tout du caractère de chaque utilisateur et de son implication dans les modes de vie éco-responsables.

2.4. Simuler et évaluer le comportement futur

L'estimation du comportement futur est une tâche délicate habillée d'hypothèses nécessaires quant à l'évolution des usages de l'utilisateur. En condition initiale, l'importance du consentement à agir donne la direction des usages futurs. On peut en effet postuler qu'une personne ayant un fort consentement à agir adoptera un comportement d'autant plus vertueux, d'autant plus longtemps dans l'avenir. Selon la force de l'ancrage des habitudes antérieures dans le comportement des usagers, certains verront leurs résolutions se détériorer rapidement et leurs anciennes habitudes réapparaitre alors que d'autres changeront de

comportement pour de bon. Cela peut être mesuré et représenté par un *taux d'oubli* qui chiffre l'abandon des nouvelles pratiques au profit des anciennes en fonction du temps écoulé.

3. Programme de recherche

3.1. Étape 1 : état de l'art bibliographique

La première étape du travail de recherche est d'établir un état de l'art au travers d'une recherche bibliographique couvrant l'ensemble des domaines concernés. Les champs de la psychologie de l'utilisation, de l'*eco-feedback* et des interfaces homme-machine sont particulièrement concernés.

3.2. Étape 2 : élaboration du protocole expérimental

3.2.1. Conception de la plateforme d'analyse des éco-usages

La plateforme d'analyse des éco-usages se veut un lieu d'expérimentation pouvant accueillir différents types d'études. Celle-ci doit être équipée des produits sur lesquels portent l'expérience (machines à café, ordinateurs, etc.), des appareils de mesure et recueil de l'information (caméras, wattmètres, capteurs divers, etc.) et des outils d'analyse de l'information récoltée (logiciels).

3.2.2. Conception méthodologique

Suite à la mise en place de la plateforme d'analyse des éco-usages, le « mode d'emploi » de celle-ci doit être établi au travers des méthodologies expérimentales à y suivre afin d'assurer la pertinence des expérimentations qui y sont menées. Il convient donc d'élaborer les protocoles de mesure, d'observation ou encore d'interview des participants dans le but de produire des résultats exploitables et comparables entre eux. Les participants pourront par exemple être soumis à plusieurs questions ou à l'essai de plusieurs interfaces, de la plus simple à la plus compliquée, avec un recueil des impressions suivant le modèle de Kano.

3.3. Étape 3 : expérimentations

Plusieurs expérimentations de complexité croissante sont pressenties pour tester le fonctionnement de la plateforme d'analyse des éco-usages. La complexité des expériences dépend principalement du nombre d'indicateurs suivis et de la nature des comportements associés qui peuvent être des actions simples : éteindre la lumière ou des actions complexes : préparer un café par exemple.

Une première expérience propose d'étudier la gestion de l'alimentation électrique d'ordinateurs mis à la disposition d'élèves d'une université afin de repérer les comportements non éco-efficients.

Dans un second temps, une étude aura lieu concernant l'utilisation d'une machine à café de bureau de type machine à expresso. Ces machines présentent une phase d'utilisation énergétiquement impactante du fait qu'elles doivent chauffer rapidement à haute température pour fournir le café. Afin d'éviter le temps d'attente, certains utilisateurs peuvent être tentés de laisser la machine chauffer constamment, ce qui implique une importante consommation d'électricité.
Concernant la durée de vie de la machine, la maintenance est un point à ne pas négliger et que l'utilisateur se doit d'effectuer plus ou moins régulièrement selon son utilisation, le type de machine et la dureté de l'eau utilisée. C'est donc un point intéressant à étudier car une maintenance bien réalisée entraine une meilleure durabilité de la machine et prouve une certaine implication de l'utilisateur.
Que cela soit pour des machines communes ou individuelles, ces deux points peuvent être étudiés afin d'en déduire les pistes d'optimisations possibles qui permettraient d'inciter l'usager à adopter un comportement respectueux de l'environnement.

Bibliographie

CHETTY Marshini, TRAN David et GRINTER Rebecca. « Getting to Green: Understanding Resource Consumption in the Home », UbiComp'08, September 21-24, 2008, Seoul, Korea.

PIERCE James, ODOM William et BLEVIS Eli. « Energy Aware Dwelling: A Critical Survey of Interaction Design for Eco-Visualizations », OZCHI 2008, December 8-12, 2008, Cairns, QLD, Australia.

PIERCE James, SCHIANO Diane et PAULOS Eric. « Home, Habits, and Energy: Examining Domestic Interactions and Energy Consumption », CHI 2010, April 10–15, 2010, Atlanta, Georgia, USA.

FROEHLICH Jon, FINDLATER Leah et LANDAY James. « The Design of Eco-Feedback Technology », CHI 2010, April 10–15, 2010, Atlanta, Georgia, USA.

WEVER Renee, VAN KUIJK Jasper et BOKS Casper. « User-centred Design for sustainable Behaviour », International Journal of Sustainable Engineering, Vol. 1, No. 1, 2008.